

Informatique et formation

Entretien avec Jacques HEBENSTREIT
 Chef du Service Informatique à l'ESE

"JE N'AI JAMAIS VU DE PROBLÈME QUI, CORRECTEMENT
 FORMULÉ, NE DEVIENNE PAS PLUS COMPLEXE".

PAUL ANDERSON

Q : La formation à l'informatique est à l'ordre du jour depuis quelque temps déjà.
 Que pensez-vous de ce problème ?

R : Avant de répondre à cette question, qui est une véritable question à tiroirs,
 je voudrais faire quelques remarques préliminaires car il y a plusieurs façons
 de répondre à cette question.

Une première manière d'aborder le problème consiste à définir l'Informatique
 en tant que discipline par ses contenus théorique, pratique, technique et
 technologique et d'en déduire une série de curricula considérés comme néces-
 saires pour tel ou tel niveau de compétence. Cette démarche que je qualifierais
 volontiers de "cartésienne", consiste à partir de la nature des choses (qu'est-
 ce que l'informatique ?) pour définir des niveaux d'initiation. La méthode a
 l'inconvénient d'être trop statique dans un domaine à évolution rapide comme
 l'informatique où surgissent sans arrêt de nouveaux concepts, de nouvelles
 techniques et de nouvelles méthodes. La constitution de la doctrine ayant, en
 effet, toujours un temps de retard sur la réalité, à cause du temps nécessaire
 à la "théorisation", on risque, par cette méthode, de définir des formations
 qui reflètent plutôt l'informatique d'hier que l'informatique de demain.

Une autre manière d'aborder le problème consiste à dire que l'Informatique
 en tant que discipline est à tout moment le reflet d'un état déterminé du
 développement technologique. En tant que tel, elle est indispensable car elle
 a l'énorme mérite de généraliser, d'organiser et de structurer l'ensemble des
 connaissances acquises en ce domaine, et donc de les rendre enseignables sous
 forme de principes, de méthodes et de techniques. Sans science informatique,
 l'enseignement, c'est-à-dire la pratique de l'informatique, ne serait qu'une
 longue suite de recettes artisanales plus ou moins ad hoc que l'on appliquerait
 sans jamais vraiment savoir ce que l'on fait.

Mais le fait que la science Informatique ne soit à tout moment que le reflet
 d'un état déterminé du développement technologique indique également ses
 limites, car si elle organise et intègre les connaissances acquises, elle ne
 nous permet malheureusement pas de prévoir les développements futurs (les
 "vieilles tiges" de l'informatique se souviennent encore du temps où l'ensei-
 gnement de l'informatique se résumait, en schématisant à peine, à 30% d'analyse
 numérique, 30% de FORTRAN et 30% d'un savant mélange d'algèbre de Boole et
 de tores de ferrite !).

Or, il est important aujourd'hui qu'une formation à l'informatique soit le plus
 largement possible tournée vers le futur.

Q : Vous avez dit vous-même que la science informatique ne permet pas de prévoir les développements futurs. Dans ces conditions, existe-t-il un autre moyen pour prévoir ces développements ?

R : Le Professeur Melkanoff dit volontiers qu'il est très facile de faire des prévisions, à condition de se limiter au très court terme ou au très long terme. A très court terme, c'est très facile parce que rien ne change vraiment en un an et à très long terme c'est également très facile car dans 25 ans ou bien personne ne se souviendra de ce que vous avez dit ou bien l'auteur des prévisions ne sera plus de ce monde et on ne pourra pas lui reprocher de s'être trompé.

A moins de jouer les Nostradamus ou de disposer d'une boule de cristal à microprocesseur incorporé, je ne pense pas qu'il soit possible de faire des prévisions. Il est par contre possible, en analysant soigneusement l'évolution de la pratique informatique, c'est-à-dire la manière dont évolue le mode d'utilisation de l'informatique dans les pays industrialisés et en tenant compte de l'environnement économique et social, de faire une certaine prospective. Les grandes compagnies le font bien quand elles développent leur stratégie industrielle; pourquoi les enseignants ne le feraient-ils pas quand ils développent leur stratégie de formation.

Je vais prendre un exemple précis qui, comme vous allez le voir, est en relation directe avec les problèmes de formation.

Les premiers ordinateurs étaient rares et chers ce qui entraînait deux conséquences. La première c'est qu'ils n'étaient rentables que pour des applications suffisamment complexes et volumineuses car, dans ce cas, l'économie de main-d'oeuvre justifiait les dépenses engagées. Ceci conduisait à privilégier les applications où la machine remplaçait les hommes et à transformer ces derniers en appendices de la machine. La deuxième conséquence fut l'invention de techniques destinées à rentabiliser le plus possible l'usage de la machine. Ce fut d'abord l'enchaînement automatique des travaux (traitement par lots), puis la multiprogrammation. Dans l'un et l'autre cas, ce furent des raisons matérielles et non des principes qui conduisirent à ces concepts.

La baisse des coûts des matériels contribua à étendre le marché des ordinateurs et, par voie de conséquence, à prendre en considération une diversité croissante de besoins. Ce furent les systèmes transactionnels et les systèmes de temps partagé.

Enfin, le microprocesseur est arrivé et l'extraordinaire extension du marché des ordinateurs a conduit à une véritable mutation à la fois du mode d'utilisation des ordinateurs et de l'industrie informatique.

Q : Vous avez l'air de dire que les deux phénomènes sont liés ?

R : Ils sont non seulement liés mais j'ai, de plus, l'impression que l'on n'a pas encore vraiment pris conscience de l'importance de ce lien et des conséquences que cela va entraîner, y compris sur la formation.

Les annonces de production mondiale de micro-ordinateurs pour 1983 (ça, c'est de la prévision à très court terme) sont de l'ordre de 1,5 million à 2,5 millions d'unités (les données varient selon les sources) dont 600.000 unités pour la seule Compagnie IBM.

Une opération arithmétique simple montre que si ces prévisions se réalisent, et elles semblent parfaitement réalistes, le chiffre d'affaire d'IBM pour les seuls micro-ordinateurs sera en 1983 de l'ordre du chiffre d'affaire de la totalité de l'informatique française pour l'année 1982, et certains experts n'hésitent pas à prédire que la production mondiale de micros va doubler en 1984. Il est clair que sur le plan industriel, cette mutation va être très difficile car la conception, la fabrication, le test, le marketing, la distribution et l'après-vente sont totalement différents dans le cas où l'on commercialise quelques milliers d'unités d'un modèle à un million de francs la pièce auprès de clients plus ou moins compétents en informatique, et dans le cas où l'on commercialise des centaines de milliers d'unités à 20.000 ou 50.000 F la pièce destinées à un public extrêmement large (commerçants, artisans, professions libérales, etc), pour ne pas dire le marché grand public comme tend à le prouver la multiplication des "computer shops" et l'apparition entre les casseroles et les pyjamas, des micro-ordinateurs dans les catalogues de maisons spécialisées dans la vente par correspondance.

Cette fabrication d'ordinateurs par centaines de mille n'a évidemment de sens que si la masse des acheteurs trouve dans ces produits des solutions à ses problèmes et, de façon plus précise, si elle trouve ces solutions "clé en main".

Ceci veut dire deux choses : d'une part que ces produits seront composés de matériel et de logiciel prêts à l'emploi et d'autre part que le mode d'emploi devra être à peine plus compliqué que celui du téléphone ou d'une machine à laver. Il est clair qu'aucun fabricant de micro n'imagine que d'ici la fin de 1983 il y aura 2 millions d'utilisateurs qui auront amorcés la programmation.

Q : Quelles conclusions en tirez-vous pour la formation ?

R : Avant de répondre à votre question je voudrais ajouter deux choses. Premièrement, ainsi que l'a souligné le Professeur Nivat dans son rapport, le logiciel va jouer un rôle de plus en plus important dans l'industrie informatique (il est fréquent aujourd'hui de voir des clients acheter un logiciel comme VISICALC et d'acheter ensuite le matériel qui en permet la meilleure utilisation), et deuxièmement que, la concurrence aidant, ces logiciels vont être de plus en plus sophistiqués et volumineux tout en restant bon marché, car vendus à des centaines de milliers d'exemplaires et ceci est une autre nouveauté, cette fois-ci pour l'industrie du logiciel (un produit de bureautique annoncé récemment comporte 2 millions d'instructions et se vend pour 80.000 F micro-ordinateurs compris!!!).

Enfin, l'interaction homme-machine est en train d'évoluer rapidement. Pas question d'utiliser JCL sur un micro. On s'oriente vers une utilisation interactive et de choix des programmes à exécuter par menus successifs, en attendant l'entrée vocale. Depuis l'époque du premier PET de chez Commodore livré tout nu avec un mini-BASIC, les fabricants de micros ont rapidement compris que pour gagner de l'argent il fallait vendre des solutions, pas des problèmes.

Excusez-moi pour ce rapide tour d'horizon sur l'état de l'art de l'utilisation de l'informatique, mais ceci nous ramène très directement au début de notre conversation. J'ai dit, en effet, qu'une des approches des problèmes de formation consistait à partir de la science informatique et à définir plusieurs niveaux d'initiation allant du niveau élémentaire (programmation, structure des machines, etc) au niveau le plus complexe (théorie des automates, théorie des langages, complexité, réseaux, etc).

Il existe au moins une autre approche des problèmes de formation, d'ailleurs pas nécessairement en contradiction avec l'approche précédente, mais qui consiste à partir des modes d'utilisation actuels de l'informatique et des modes d'utilisation prévisibles à moyen terme, et à définir les niveaux de formation par une série d'objectifs en termes de savoir-faire à chaque niveau.

Prenons, par exemple, la formation des "utilisateurs" qui sont les gens qui vont utiliser des ordinateurs pour effectuer des tâches précises dans leur domaine d'activité. Quelle que soit leur activité, ils ne vont pratiquement pas programmer mais utiliser des logiciels existants. Ceci veut dire que l'essentiel de leur dialogue avec la console sera un dialogue à base de commandes adressées au système d'exploitation; or, on a tendance à considérer que la notion de système d'exploitation est une notion complexe, et à réserver ce sujet aux spécialistes. Si l'on veut que l'utilisateur comprenne ce qu'il fait, c'est-à-dire qu'il devienne un "utilisateur compétent", il me semble qu'il faudrait faire une place importante à ce sujet dans la formation des utilisateurs car, en définitive, tout ce qu'il fait, est fait "sous système". On pourrait en dire autant d'autres sujets, considérés traditionnellement comme "avancés", tels que le graphique où les notions de résolution, de graphique mosaïque, de semi-graphique, de mélange de textes et d'images, de balayage ligne ou de balayage cavalier sont d'un intérêt direct et immédiat pour l'utilisateur. On peut mentionner, dans le même ordre d'idées, les réseaux puisque les ordinateurs sont ou seront, de plus en plus, reliés entre eux, ou encore les fichiers ou les bases de données que tout utilisateur sera amené à utiliser un jour ou l'autre.

Il est vrai que tous ces sujets sont très complexes lorsqu'on les aborde du point de vue de leur structure interne ou de leur conception, mais ce n'est pas là le point de vue qui intéresse l'utilisateur. Ce qu'il a besoin de connaître, c'est l'aspect externe, l'aspect fonctionnel, la structure logique qui conditionne la mise en oeuvre et qui lui permettra, dans la pratique, à chaque instant, de comprendre ce qu'il fait et donc de faire le meilleur usage possible de l'outil qu'il a en face de lui. Faites bien attention. Il ne s'agit pas ici de prôner un enseignement d'"initiation" avec un discours vulgarisateur et "démystificateur". Il s'agit d'un enseignement à la fois scientifique et technique mais qui insiste sur les aspects "macroscopiques" de l'informatique, partant de ce que voit l'utilisateur et allant vers une explication détaillée par opposition à l'aspect "microscopique" qui entre dans le détail fin des mécanismes, et qui serait plutôt destiné au spécialiste ayant à concevoir et à réaliser de tels systèmes. Il est évident qu'un enseignement de ce type est difficile à mettre en oeuvre, compte tenu des habitudes acquises, mais cela est toujours vrai pour toute science en train de naître. Ce n'est qu'au fil des ans, et la réflexion pédagogique aidant, que les concepts se simplifient, que leur présentation s'allège, que leur hiérarchie devient plus claire et que les techniques et méthodes se débarrassent des détails inutiles.

Je pense qu'il faut distinguer un enseignement d'informatique pour utilisateurs d'un enseignement d'informatique pour spécialistes. Dans les deux cas, il y a plusieurs niveaux, mais les enseignements doivent être différents car on ne vise pas les mêmes objectifs. A titre de comparaison, on peut citer, par exemple, les ouvrages sur les transistors dont les uns s'adressent aux utilisateurs en vue de leur permettre de réaliser des amplificateurs, des oscillateurs, des modulateurs, etc, sans jamais parler de niveau de Fermi ou de bande de conduction, et dont les autres s'adressent aux concepteurs en développant largement la théorie des semi-conducteurs et les aspects pertinents de la mécanique quantique. Dans les deux cas, il s'agit de transistors, mais les objectifs sont différents.

La situation n'est pas aussi claire en informatique car l'informatique est une science jeune, mais la situation est quand même bien meilleure qu'il y a 20 ans. Un grand effort de réflexion pédagogique reste à faire pour sortir tout à fait d'une situation où les niveaux inférieurs de formation étaient définis par rapport au niveau de formation des spécialistes par simplification et suppression de chapitres et de paragraphes. Je pense qu'il faudra soigneusement distinguer les contenus des formations pour spécialistes et les contenus des formations des non spécialistes, même s'il existe une intersection non vide.

Q : Quelles sont, selon vous, les principales différences entre les deux formations ?

R : Un informaticien est une personne capable de prendre en charge et de mener à bien la conception et la mise en oeuvre d'un problème de traitement d'information à un niveau de compétence (programmeur, ingénieur, chercheur) lorsque les spécifications externes du problème sont complètement définies. L'informaticien n'a, par contre, aucun rôle à jouer, sauf peut-être pour avis, dans la définition des spécifications externes du problème qui sont, elles, du ressort du spécialiste du problème à traiter ayant une bonne connaissance (non spécialisée) de l'informatique. Par exemple, l'automatisation d'une procédure de gestion administrative par ordinateur est un problème de gestion qui relève de la compétence des gestionnaires et non un problème d'informatique, alors que sa mise en oeuvre dans les meilleures conditions (coûts, délais, sécurité, facilité de maintenance, etc) est un problème d'informatique.

En schématisant à peine, on peut dire que l'informaticien est le monsieur assis à l'intérieur de la machine et qui a pour tâche d'organiser cet intérieur en fonction de ce que l'utilisateur désire obtenir en entrée/sortie, mais cela suppose que ce dernier en sache suffisamment pour être capable, à partir de son problème, de spécifier ce qu'il veut obtenir en entrées/sorties.

Q : Que pensez-vous de l'actuelle formation des informaticiens ?

R : Je crois que le niveau de formation est à peu près satisfaisant dans l'ensemble, qu'il s'agisse des universités, des grandes écoles ou des IUT, comme le prouve la rapidité avec laquelle ces étudiants trouvent leur place dans l'industrie. La qualité de la formation souffre cependant parfois d'un certain nombre de handicaps sévères comme le Professeur Nivat l'a clairement montré dans son rapport. Il y a d'une part un manque d'enseignants qui se traduit pour ceux qui sont en poste par une surcharge en tâches d'enseignement au détriment de la recherche, et d'autre part un manque cruel de matériel qui en certains endroits est carrément catastrophique sans compter le fait que, même là où il y a du matériel, le type de celui-ci est presque toujours imposé par l'administration et n'est pas, en général, adapté à l'enseignement et encore moins, à cause de l'absence de logiciels adéquats, à un enseignement de haut niveau.

Ceci étant, on constate presque partout que les curricula en informatique s'adaptent au changement; c'est ainsi qu'à l'ESE, au cours des trois dernières années, on a ajouté dans l'Option Informatique un cours de "Mesure et Modélisation des systèmes informatiques", un cours sur "La gestion des grands projets logiciels", un cours sur les "Réseaux locaux", un cours sur l'"Intelligence artificielle" et un cours "Logiciel graphique et CAO".

Q : Que pensez-vous du manque actuel d'informaticiens ?

R : Si vous le permettez je répondrai à votre question par une question. Qu'est ce qu'on appelle "informaticien" ? Un opérateur de saisie est-il un informaticien ? L'amateur qui arrive péniblement à aligner 100 instructions en BASIC est-il un informaticien ? L'ingénieur capable de réaliser une commande de machine à laver par microprocesseur est-il informaticien ?

Il me semble que l'actuelle pénurie "d'informaticiens" résulte de la conjonction d'un certain nombre de demandes que l'on classe toutes indifféremment sous le vocable "informaticien" mais qui traduisent des réalités assez différentes.

Il y a d'abord le manque réel d'informaticiens, c'est-à-dire de diplômés au niveau Bac + 2 pour les Techniciens Supérieurs et au niveau Bac + 4 ou Bac + 5 (Maîtrise, DEA et Ingénieurs) les premiers étant d'ailleurs, en pourcentage, plus demandés que les seconds (on demande plus de programmeurs et d'analystes que de Chefs de Projets ou d'Ingénieurs-Système).

Il faut cependant être prudent lorsqu'on extrapole la demande, comme le montre le rapport récent de la DIELI sur les SSCI européennes (croissance des effectifs : + 13% en 1979, + 6,5% en 1980 et 4,2% en 1981) et, par conséquent, plutôt envisager des opérations de formation par extension des filières existantes (ce qui permet de suivre la demande conjoncturelle rapidement et aux moindres frais) que des créations de formations nouvelles qui coûteraient cher et ne commenceraient à fournir des professionnels que plusieurs années après la prise de décision, c'est-à-dire à une époque dont il est difficile de dire aujourd'hui quel sera l'état du marché du travail.

Il est par contre un domaine où la demande persistera pendant des années, c'est celui des spécialistes de haut niveau car c'est à ce niveau que se situe le plus grand potentiel de capacité d'innovation. Il faut avoir le courage de dire que les centres de formation de ce type ne sont pas très nombreux en France et qu'on ne les a pas toujours aidés comme il l'aurait fallu. Là aussi, il sera plus efficace en coût et en délais d'aider les centres existants à progresser en leur fournissant les moyens qui leur font défaut que d'inventer de nouvelles formations aux titres ronflants dont on se demande où elles trouveront le personnel enseignant de haut niveau (va-t-on déshabiller Pierre pour habiller Paul ?), où elles recruteront les étudiants brillants qu'un tel enseignement suppose, quand elles sortiront leurs premiers diplômés et combien tout cela va coûter aux contribuables que nous sommes.

Cependant le problème actuel du "manque d'informaticiens" provient, pour partie, d'autres demandes qui pourraient être satisfaites en presque totalité par des professionnels ayant une formation suffisante en informatique sans être pour autant informaticien.

Q : Vous pensez sans doute à la "double compétence" ?

R : Je n'aime pas cette expression car elle est dangereuse et elle est dangereuse parce qu'elle tend à juxtaposer deux ordres de connaissances, alors que le fond du problème est justement de les intégrer dans un ensemble de connaissances unique.

Dit-on d'un physicien ou d'un ingénieur qu'il a une double compétence parce qu'il sait, dans son domaine, résoudre des équations différentielles ou inverser des matrices ?

La physique n'est pas concevable aujourd'hui sans le formalisme mathématique. L'objectif à atteindre est d'aboutir à une intégration du même type pour l'informatique, et ce dans toutes les disciplines. Prétendre atteindre cet objectif par l'enseignement de la programmation ou de l'algorithmique, c'est se tromper de problème.

Si l'informatique n'est pas la science des ordinateurs, elle n'est pas davantage la science de la programmation. L'ordinateur est un moyen et la programmation est une technique et les deux sont des outils au service du traitement de l'information qui est, lui et lui seul, l'objet de l'informatique.

Quand je parle de l'intégration de l'informatique dans toutes les disciplines, je ne pense ni aux ordinateurs ni à la programmation mais au traitement de l'information au sens large.

Ce qui caractérise l'informatique de ces dernières années, c'est l'apparition de techniques de conception assistée (ce que l'on appelle la XAO) qui sont au sens strict des systèmes de traitement de plus en plus sophistiqués et dans un nombre croissant de domaines (électronique, avionique, médecine, biologie, mécanique, architecture, travaux de bureau, etc).

Or, si certains minimisent le phénomène en le traitant d'"informatique presse-bouton", je pense au contraire qu'il s'agit du phénomène le plus important depuis que les ordinateurs ont été inventés.

Il est important pour deux raisons. D'une part, il va donner naissance à des outils de plus en plus puissants, ce qui va inévitablement remettre en cause le savoir et le savoir-faire de ses utilisateurs, et d'autre part, il va concerner, à terme, la totalité de la population active.

Je vais prendre deux exemples. Lorsqu'on donne à un dessinateur un système de Dessin Assisté par Ordinateur, on change son univers : plus de table à dessin, de tire-ligne, de té, d'encre de chine, etc. Il n'y a plus qu'un écran et un clavier. Il est déqualifié d'une certaine manière puisque son habileté manuelle ne sert plus à rien et que son "coup de patte", reconnaissable comme une signature, disparaît et ne lui permet plus de se distinguer de ses collègues. Par contre, il faut apprendre à se servir du nouvel outil et cela lui est difficile car rien dans sa formation ne l'y a préparé : succession de commandes pour tracer un trait, pour tracer un cercle, pour le scrolling, pour le zooming, pour faire une correction, pour mettre des cotes, pour activer le traceur digital, etc. En échange, il n'aura, plus besoin d'apprendre les finesses de la géométrie descriptive car, à partir d'un dessin en trois dimensions sur l'écran, il lui suffira d'une seule commande pour faire apparaître d'un seul coup les projections sur trois plans et en étant sûr qu'il n'y a pas d'erreur.

Il est clair que dans ces conditions il devient absurde de continuer à enseigner le dessin industriel comme par le passé. Il est nécessaire d'une part de mettre à la disposition des élèves dessinateurs-industriels des systèmes de DAO afin de les préparer aux réalités de leur futur métier, mais il est nécessaire aussi de recycler les enseignants car, sinon, qui fera l'enseignement qui correspond à la nouvelle pratique. Enfin, une réflexion s'impose sur l'avenir même du métier de dessinateur industriel.

Le deuxième exemple est celui des ingénieurs. Un ingénieur en génie civil est aujourd'hui capable d'introduire dans un ordinateur une structure triangulée quelconque et de visualiser instantanément la répartition des contraintes et des déformations simultanément en tous les points de la structure. Mieux encore, il peut instantanément visualiser ce qui se passe si les éléments de la structure se couvrent d'une couche de glace d'épaisseur donnée, soit en tous points, soit en certains endroits seulement. En supposant que dans un avenir plus ou moins proche tous les ingénieurs en génie civil disposent d'un tel outil, peut-on (doit-on) continuer à enseigner la Résistance des Matériaux comme on le fait actuellement ? Sinon comment faut-il l'enseigner et qui va faire cet enseignement adapté aux outils nouveaux et pourra-t-on longtemps se passer de ces outils dans les écoles de génie civil ?

La situation est encore plus claire en électronique où l'outil de CAO (et bientôt de FAO) est omniprésent. Toutes les études se font en simulation en partant de l'idée initiale jusqu'aux tests en simulation sur une maquette simulée.

A chaque phase de son travail, l'ingénieur introduit dans l'ordinateur ses choix technologiques et obtient instantanément les conséquences de ces choix. Il doit alors les analyser de manière critique et, si les résultats ne sont pas conformes à ce qu'il attendait, il doit modifier son choix initial dans le sens convenable pour se rapprocher de son objectif. On voit que la CAO a pour effet de transférer à la machine une part croissante des célèbres 99% de transpiration et d'exiger de l'ingénieur une part d'inspiration nettement supérieure au 1% traditionnel. Cela signifie qu'une part importante de sa compétence actuelle (maîtrise des méthodes permettant d'obtenir les résultats qui découlent de choix techniques) est en train de devenir inutile et qu'il doit acquérir d'autres connaissances et d'autres méthodes de travail pour tirer le meilleur parti de la CAO. Quelles sont ces connaissances et ces méthodes et qui les enseignera ? Autant de questions ouvertes, mais leur enseignement exigera certainement la présence des outils de CAO dans les écoles d'ingénieur.

Ce qu'il faut retenir de ces quelques exemples, mais je pourrai en citer de nombreux autres, en optique, en aérodynamique, en chimie ou en mécanique, indique qu'à moyen terme les équipements informatiques nécessaires à un enseignement supérieur adapté aux réalités de l'emploi seront, de loin, supérieurs en nombre à ceux utilisés pour la seule formation des informaticiens.

Q : Quand on regarde la situation actuelle dans l'industrie, votre point de vue semble nettement futuriste.

R : Je vous l'accorde, mais l'étude attentive de ce qui est en train de naître et se développe me paraît plus important que ce qui existe car c'est le seul moyen de faire de la prospective raisonnable. On a tendance à oublier que la première calculatrice est apparue en 1971 et qu'elle coûtait 3 500 F alors qu'aujourd'hui son équivalent traîne dans les poches des écoliers quand elle n'est pas offerte en prime pour un abonnement à un journal. J'ajoute qu'au Rensselaer Polytechnic, les étudiants en "Electrical Engineering" passent trois après-midi par semaine à faire de la CAO et qu'un nombre croissant d'universités américaines exigent que les étudiants qui s'y inscrivent possèdent un micro-ordinateur et ça n'est pas pour apprendre la programmation.

Q : Est-ce à dire que la programmation est inutile ?

R : Absolument pas. Ce que je constate, c'est qu'il y a des modes liées à des états déterminés de la technologie. Il y a 20 ans la mode dominante était l'aspect matériel et il suffit de se reporter aux revues scientifiques de l'époque pour s'en convaincre : on ne pouvait pas parler d'informatique sans parler de tores de ferrite, de tambours, de disques ou de registres et la programmation était considérée comme un mal nécessaire car il fallait bien faire marcher les machines. Depuis quelques années, la mode dominante est le logiciel car l'architecture des machines ne pose plus de problèmes majeurs. Par contre, l'existence de logiciels de plus en plus ambitieux pose d'énormes problèmes, ce qui fait qu'aujourd'hui on ne peut plus parler d'informatique sans parler de BASIC, de PASCAL, de programmation structurée, d'algorithmique ou de récursion, au détriment d'ailleurs (à mon sens) de la structure des machines que l'on a tendance à trop négliger y compris dans la formation des informaticiens.

Je crois qu'un juste équilibre est nécessaire; les machines comme la programmation sont des outils ou des moyens, comme vous voudrez, qu'il ne faut pas confondre avec la fin qui est le traitement rationnel de l'information. Le volume de formation en structure de machine et en programmation est un problème de finalité de la formation que l'on envisage et non une affaire de principe. Il en faudra beaucoup pour les informaticiens car ce sont leurs outils principaux et il faut donc qu'ils les maîtrisent parfaitement. Les ingénieurs électroniciens auront, eux, besoin de maîtriser la mise en oeuvre des techniques digitales et des micro-processeurs, ce qui suppose que l'on insiste davantage sur les compromis entre structures câblées et structures programmées (un filtre linéaire prédictif peut être un programme de micro processeur, mais il peut aussi être réalisé à l'aide de portes sous forme de circuit intégré).

Un automaticien aura besoin de connaissances précises sur les problèmes de temps réel mais ne sera pas concerné par la compilation, etc.

Un bibliothécaire aura vraisemblablement besoin d'information sur les bases de données relationnelles et les langages de requête, mais n'aura, sans doute, de sa vie, le besoin d'écrire une seule ligne de programme.

Par contre, tout le monde, sans exception, aura besoin d'une bonne formation à l'usage rationnel et efficace de la XAO dans son domaine, c'est-à-dire d'une formation très différente de ce qu'elle est aujourd'hui quant au contenu, aux méthodes et aux techniques.

On a souvent dit que l'informatique allait apporter des changements très profonds grâce à sa logique sous-jacente et que, pour accélérer le mouvement, il était urgent d'enseigner l'informatique à tout le monde. L'hypothèse implicite était qu'on allait préparer la société au changement en formant tout le monde à l'algorithmique à coups d'analyses descendantes, de structures de données, de rigueur dans la démarche logique, de boucles d'itération, de récursion et de preuves de programmes.

L'ennui est que cette démarche n'est rien d'autre, au fond, que la tentative d'ériger en principe et d'étendre à l'ensemble de la société ce qui a fait l'essentiel de l'activité des programmeurs durant les 10 dernières années, en oubliant que l'usage de l'informatique est en train de changer de manière radicale et qu'à ce titre, ce soi-disant "humanisme du 3e millénaire" n'a que peu de chance de coller à une quelconque réalité future.

Je constate, par contre, que le jeu de la compétition économique ou la simple nécessité de survie industrielle des pays développés va conduire inexorablement à introduire progressivement et partout des outils de XAO.

Que tout le monde aura à utiliser personnellement, dans sa vie professionnelle d'abord et dans sa vie privée ensuite, des outils de XAO d'une puissance proprement inimaginable il y a 10 ou 20 ans et que cela mènera inévitablement dans notre vie quotidienne à poser les problèmes autrement parce qu'on les résoudra autrement et, par conséquent, tout naturellement, à penser autrement. L'émergence de la XAO et la multiplication rapide de ces outils dans les 10 ans à venir va conduire à une remise en cause croissante de tous les savoirs et de tous les savoir-faire qu'on ne résoudra pas en persillant les diverses formations de programmation et d'algorithmique.

Ce qui est en cause est beaucoup plus profond, c'est l'adéquation de la totalité de notre système d'éducation à prendre en compte l'existence de ces nouveaux outils XAO, c'est son aptitude à les intégrer dans un système de formation cohérent de façon à aider chacun à les utiliser de manière efficace.

Bien que le phénomène XAO soit seulement en train d'émerger, il n'est pas trop tôt pour commencer à réfléchir aux modifications nécessaires de toutes nos formations dans leurs niveaux de connaissances, leurs techniques et leurs méthodologies, afin d'aboutir à la véritable intégration de l'informatique au sens où j'en ai parlé tout à l'heure.

A la limite, ce problème d'adaptation du système d'éducation à tous les niveaux et dans toutes les disciplines risque de devenir purement et simplement un problème de survie car il y a de fortes chances que d'ici 10 ou 20 ans il y ait d'un côté les pays qui auront résolu ce problème de manière plus ou moins satisfaisante (j'ai déjà parlé de ce qui est en train de se passer aux E-U), et de l'autre côté les pays qui n'auront pas pu ou su résoudre ce problème à temps et qui glisseront inexorablement vers le sous-développement avec ou sans accompagnement de discours sur "le rôle du langage informatique dans l'humanisme du 3e millénaire".